

特開平11-260810

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
H01L 21/31  
21/205  
21/3065

識別記号

F I

H01L 21/31  
21/205  
21/302

C

B

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全15頁)

(21) 出願番号 特願平10-55420

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月6日

(71) 出願人 000001122

国際電気株式会社

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72) 発明者 豊田 一行

東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際  
電気株式会社内

(72) 発明者 巻口 一誠

東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際  
電気株式会社内

(72) 発明者 佐藤 崇之

東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際  
電気株式会社内

(74) 代理人 弁理士 油井 透 (外2名)

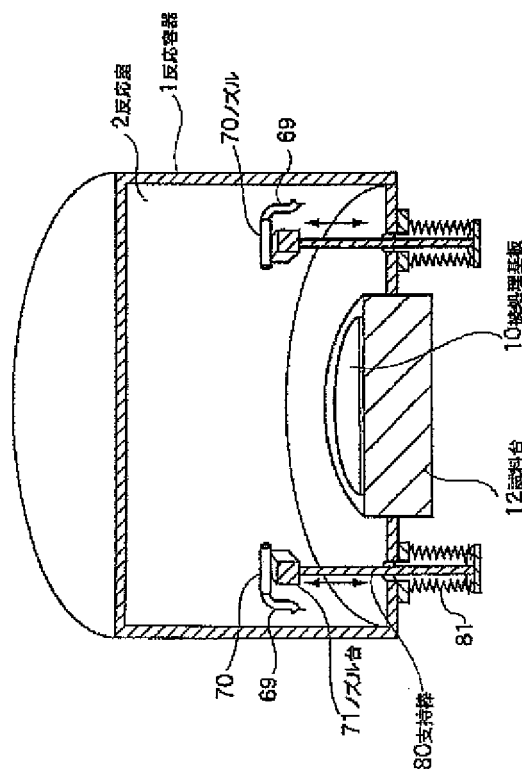
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法および基板処理装置

(57) 【要約】

【課題】 被処理基板に対する反応性ガスの供給位置を調整して、薄膜形成やエッチング等の基板面内処理状態の均一性を制御できるようにして、プロセスのマージンを広げる。

【解決手段】 反応室2内の底部に設けた試料台12に被処理基板10を静電吸着する。反応室2内の被処理基板10の周辺に、反応性ガスを被処理基板10の被処理面に供給する複数のノズル70を、被処理基板10を中心に点対称に設ける。これらのノズル70をノズル台71にそれぞれ取り付ける。ノズル台71は反応室2の底部から挿入した支持棒80に支持する。反応室2の外部に設けた駆動機構により、支持棒80を反応室2に対して進退させることにより、ノズル70を上下移動して被処理基板10に対するノズル70の高さを調整できるようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】被処理基板の周辺に設けた複数のガス供給口から前記被処理基板の中心に向けて反応性ガスを供給して前記被処理基板を処理するに際し、

前記複数のガス供給口から供給される前記被処理基板に対する前記反応性ガスの供給位置を調整して、前記複数のガス供給口から供給される反応性ガスによる前記被処理基板の処理速度が前記被処理基板面内で均一になるようにしたことを特徴とする基板処理方法。

【請求項2】反応性ガスを供給するガス供給口を反応室内に移動可能に設けて、前記ガス供給口の位置を可変とした基板処理装置。

【請求項3】被処理基板の周辺から前記被処理基板の中心に向けて反応性ガスを供給する複数のガス供給口を備えた反応室に、前記ガス供給口を前記被処理基板の被処理面に対して上下方向に移動して、前記被処理基板に対する前記反応性ガスの供給位置を変える駆動機構を設けた基板処理装置。

【請求項4】前記反応室に反応性ガスを供給する複数のガス供給口が被処理基板の周辺に同一円周上に配置され、且つ前記複数のガス供給口が環状の連結体に一体的に取付けられている請求項2または3に記載の基板処理装置。

【請求項5】前記環状連結体の内部を中空にして環状のバッファ室を設け、前記バッファ室と連通するように前記複数のガス供給口を前記環状連結体に一体的に取り付けた請求項4に記載の基板処理装置。

【請求項6】前記バッファ室が区画形成されて複数個設けられ、互いに反応しやすい反応性ガスを各々独立に前記バッファ室まで導入することを可能とした請求項5に記載の基板処理装置。

【請求項7】前記複数のバッファ室を上下に重ねて設けた請求項6に記載の基板処理装置。

【請求項8】前記複数のバッファ室を同心円状に設けた請求項6に記載の基板処理装置。

【請求項9】前記バッファ室に取り付けた複数のガス供給口の取付角度が被処理基板の被処理面と平行な面に対して、平行、上向き、または下向きに取り付けられている請求項5～8のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項10】前記環状のバッファ室の内周面にオリフィスを設けて前記ガス供給口とした請求項5～9のいずれかに記載の基板の処理装置。

【請求項11】前記複数のガス供給口を設けた前記バッファ室を、前記反応室を構成する反応容器と電気的に絶縁し、前記バッファ室に高周波電源を接続し、プラズマを利用した反応室のクリーニング時において前記バッファ室に高周波電力を印加するように構成した請求項5～10のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項12】前記駆動機構を前記反応室外に設け、前記反応室内に進退自在に挿入した支持棒を介して前記ガ

ス供給口を上下方向に移動するようにした請求項3～10のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項13】前記支持棒を中空にして、前記ガス供給口に反応性ガスを供給するためのガス配管と兼用させた請求項12に記載の基板処理装置。

【請求項14】前記被処理基板の被処理面の上方から前記被処理基板の被処理面に向けて反応性ガスを供給する上部ガス供給口を前記反応室に設けた請求項3～13のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項15】前記上部ガス供給口をシャワー状に反応性ガスが供給できるように構成した請求項14に記載の基板処理装置。

【請求項16】前記支持棒を1本または複数本とした請求項12～15のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項17】前記ガス供給口を取り付けるための前記環状の連結体が四角形である請求項4～16のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項18】前記被処理基板の処理がプラズマ処理である請求項2～17のいずれかに記載の基板処理装置。

【請求項19】前記ガス供給口を上下移動可能に駆動する駆動機構が、反応室の下部または上部に設けられた請求項2～18のいずれかに記載の基板処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反応室内に搬送されたシリコンウェーハやガラス基板等の被処理基板の被処理面に薄膜を形成したり、薄膜をエッチングしたり、あるいはアッシングしたりする基板処理方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、プラズマCVDやプラズマエッチング、プラズマアッシングなどのプラズマを利用する半導体製造装置の開発が盛んに進められている。これらの装置のプラズマ源としては、プラズマ部と電極が容量的に結合した容量結合型と、プラズマ部とアンテナが主に誘導的に結合した誘導結合型などがある。容量結合型ではプラズマ発生空間とウェーハの置かれた反応室が近いいため、上部に設けた多数の開口から基板に向けてシャワー状にガスを噴出させることが行われており、これで膜の均一性が確保できる。

【0003】これに対して誘導結合型では放電室に巻かれたコイル等のアンテナから高周波を供給して高密度プラズマを発生させ、プラズマ発生空間である放電室から離れた反応室に置かれた基板にプラズマを輸送しなければならないため、上部からガスを噴出させたのでは膜の均一性が確保できない。そこで基板の周囲から基板と平行にガスを噴出させることが行われている。前記誘導結合型は高密度プラズマを発生させる方法として注目されているうえ、反応室内の圧力も1mTorr～10mTorrと、容量結合型(1Torr～10Torr)より3桁も低くす

ることができるので、微細パターン形成、特に溝の内側に成膜したり、溝の内側をエッチングしたりする装置に好適である。

【0004】図24を用いて前記した誘導結合型装置の一例を説明する。本装置は被処理基板10にバイアスをかける高密度型プラズマCVD装置と呼ばれているものである。同図において、反応室2は導電性の反応容器1と蓋9をした誘電体の円筒窓3とによって気密構造に形成されており、反応室2の底部に試料台12が絶縁ブロック13を介して設置されている。円筒窓3の外周には誘導コイル4が巻回され、この誘導コイル4に高周波電源6が出力する高周波電力を整合器7を介して供給される。誘導コイル4の形状は被処理基板10の処理の仕方によって適切に選択される。反応室2の底部に設けられた試料台12には、被処理基板10にバイアスをかけて放電室5で発生したプラズマ中の荷電粒子を被処理基板10側に引き込むために、整合器14を介して高周波電源15が出力する高周波電力を供給可能となっている。

【0005】反応室2を排気ポンプ（図示省略）で排気した後、反応室2内の試料台12へ被処理基板10を搬送し、反応性ガスを試料台12の周辺に設けられたノズル70から供給し、反応室2内を圧力制御装置（図示省略）で所定の圧力に保持した状態で誘導コイル4に高周波電源6が出力する高周波電力を整合器7を介して供給する。誘導コイル4が反応室2内部に生成する交番電磁界によって生成されるプラズマ11によって試料台12上の被処理基板10上に薄膜を形成する。このとき試料台12に高周波電源15が出力する高周波電力を整合器14を介して供給し、被処理基板10にバイアス電圧をかけながら薄膜を形成する。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】図24に示す高密度型のプラズマCVD装置では、被処理基板10を均一に処理すること、つまり基板面内で均一な成膜速度分布を得ることは、生産性の観点から非常に重要なことであり、反応室2内部の圧力や供給する反応性ガス量や誘導コイル4に印加する高周波電力の大きさなど、基板処理条件を変更しても、基板面内の成膜速度分布が変わらないことが望まれる。しかし高密度型プラズマCVD装置のようにプラズマ生成の空間を広く取る構造の装置では、被処理基板10に形成する薄膜の成膜速度の面内分布は、圧力、ガス量、高周波電力の大きさなどの基板処理条件で変わるため、これらの基板処理条件を変更すると、成膜速度の均一性を一定の範囲に保つのは非常に困難である。このことは成膜に限らず、エッチングやアッシングについてもいえる。

【0007】本発明の課題は、基板処理条件を変更しても成膜速度の均一性を制御することが可能なパラメータを導入することによって上述した従来技術の問題点を解消し、薄膜形成やエッチング等の処理状態の均一性が得

られ、プロセスのマージンを広げることが可能な基板処理方法および基板処理装置を提供することにある。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、被処理基板の周辺に設けた複数のガス供給口から前記被処理基板の中心に向けて反応性ガスを供給して前記被処理基板を処理するに際し、前記複数のガス供給口から供給される前記被処理基板に対する前記反応性ガスの供給位置を調整して、前記複数のガス供給口から供給される反応性ガスによる前記被処理基板の処理速度が前記被処理基板面内で均一になるようにしたことを特徴とする基板処理方法である。ここで反応性ガスの供給方式は、被処理基板の上方から流す方式ではなく、被処理基板の周辺から流す方式である。また、被処理基板の処理とは薄膜形成、エッチング、アッシングなどの成形加工処理をいう。複数のガス供給口から供給される反応性ガスは、被処理基板の被処理面に対して平行に流すことが好ましい。ガス供給口は一般的にはノズルで構成する。したがって反応性ガスの供給位置はノズル位置の調整で行う。また、被処理基板を処理するに際して、実際に処理する被処理基板に先立ってパイロット基板を流し、そのパイロット基板の処理状態から反応性ガスの供給位置を調整するようにする。

【0009】前記基板の処理速度例えば薄膜形成速度は、図18に示すように、ガス供給口の取付けの高さを可変とすることにより制御可能である。被処理基板の被処理面に対してガス供給口の位置が低いときは下に凸になり、逆にガス供給口位置が高いときは上に凸になる。これらの中間ではM形分布になる。したがって被処理基板に対するガス供給口の位置を調整することにより、薄膜形成やエッチングなどの処理状態の均一性を制御できる。

【0010】第2の発明は、反応性ガスを供給するガス供給口を反応室内に移動可能に設けて、前記ガス供給口の位置を可変とした基板処理装置である。基板処理速度の均一性を大きく変化させることが可能なパラメータであるガス供給口の位置を可変とすることにより基板処理状態の面内均一性が得られる。

【0011】第3の発明は、被処理基板の周辺から前記被処理基板の中心に向けて反応性ガスを供給する複数のガス供給口を備えた反応室に、前記ガス供給口を前記被処理基板の被処理面に対して上下方向に移動して、前記被処理基板に対する前記反応性ガスの供給位置を変える駆動機構を設けた基板処理装置である。駆動機構はモータやシリンダで構成することができるが、これらによる汚染から反応室を守るために反応室の外部に設けることが好ましい。複数のガス供給口は点対称に備えることが好ましく、またその点対称位置を崩さないように、被処理面に対して垂直方向に精度よく移動することが好ましい。

【0012】被処理基板の面内処理速度分布が上に凸になるときは、駆動機構を動かしてガス供給口の位置を低くなる方向に移動して、被処理基板の面内処理速度分布が下に凸になる方向の修正を行う。反対に面内処理速度が下に凸になるときは、駆動機構を動かしてガス供給口の位置を高くなる方向に移動して、被処理基板の面内処理速度分布が上に凸になる方向の修正を行う。このような修正を行えば基板処理条件の変更によって被処理基板面内での処理速度分布に差が生じて、その処理速度分布の差を解消することができ、被処理基板面内の処理状態を均一にできる。また、ガス供給口の高さを移動可能にすると、被処理基板の処理状態の均一性を制御できるので、ガス供給口の高さを固定したものに比べて、プロセスのマージンを広げることができる。

【0013】第4の発明は、第2または第3の発明において、前記反応室に反応性ガスを供給する複数のガス供給口が被処理基板の周辺に同一円周上に配置され、且つ前記複数のガス供給口が環状の連結体に一体的に取り付けられている基板処理装置である。複数のガス供給口を同一円周上に配置するのは、複数のガス供給口の点対称位置を正確に出せるようにするためである。環状の連結体は、ガス供給口を被処理基板の周辺に配置するために、被処理基板の径よりも内径を大きくする必要がある。ガス供給口は連結体と一体で構成してもよいが、別体としてもよい。別体とするときは溶着などによって取り付けるとよい。環状の連結体は閉じていることが好ましいが、開いていてもよい。

【0014】被処理基板の周辺に同一円周上に配置された複数の供給口から反応性ガスが供給されると、基板面内の処理速度をより均一にすることができる。また複数のガス供給口が連結体に一体的に取り付けられているので、駆動機構を動かすことにより、複数のガス供給口の供給位置を一括して変更することができる。

【0015】第5の発明は、第4の発明において、前記環状連結体の内部を中空にして共通のバッファ室を設け、前記バッファ室と連通するように前記複数のガス供給口を前記環状連結体に一体的に取り付けた基板処理装置である。ガス供給口はバッファ室から突設するように設けるとよい。反応室内に導入された反応性ガスは、一旦共通のバッファ室に蓄えられた後、各ガス供給口から供給されるので、各ガス供給口から供給される反応性ガスの供給量が等しくなる。

【0016】第6の発明は、第5の発明において、前記バッファ室が区画形成されて複数個設けられ、互いに反応しやすい反応性ガスを各々独立に前記バッファ室まで導入することを可能とした基板処理装置である。複数のバッファ室を設けるには、バッファ室を構成する環状連結体を別個に作るようにしてもよいし、1つの環状連結体のバッファ室を仕切るようにしてもよい。区画形成された複数のバッファ室を設けたので、互いに反応しやす

い反応性ガスを混合させないで反応室内に導入できる。

【0017】第7の発明は、第6の発明において、前記複数のバッファ室を上下に重ねて設けた基板処理装置である。複数の環状バッファ室の径を同じにして、それらの中心点を合せることが好ましい。複数のバッファ室を上下に重ねるようにすると、バッファ室が複数あっても、反応室の径方向の大きさは大きくならない。

【0018】第8の発明は、第6の発明において、前記複数のバッファ室が同心円状に設けられた基板処理装置である。複数のバッファ室は同一水平面内に配置することが好ましい。バッファ室を同心円状に複数配置すると、バッファ室を複数配置しても、反応室の高さが高くならない。

【0019】特に第2から第8の発明において、前記ガス供給口を交換できるように着脱可能にすることが好ましい。ガス供給口の着脱可能手段は、連結体に螺着したり、連結体に設けたガス供給口の外側に装着したりして行う。ガス供給口を着脱可能にすると、ガス供給口がプラズマ等でダメージを受けて消耗しても、ガス供給口を取り付けている取付部を含む全体を交換することなく、ガス供給口のみを容易に交換できる。

【0020】この場合において、着脱可能な前記ガス供給口の材質は一般的に用いられているセラミックス、石英あるいはアルミとすることが経済的に好ましい。セラミックス、石英あるいはアルミは耐クリーニングガス特性をもつので、ガス供給口として好適である。通常クリーニングガスには $C_2F_6$ 、または $CF_4$ 、または $NF_3$ 、あるいはそれらのガスと $O_2$ との混合ガスを用いる。

【0021】第9の発明は、第5～第8の発明において、バッファ室に取り付けた複数のガス供給口の取付角度が被処理基板の被処理面と平行な面に対して、平行（0度）、上向き、または下向きに取り付けられている基板処理装置である。ガス供給口の上下移動が特に制約されていないときは平行、上方向の移動が制約されているときは上向き、下方向の移動が制約されているときは下向きに取り付けるとよい。上向き、下向きの取付角度は制約の状況に応じて決める。反応室の構造上、ガス供給口の上下移動が制約されても、バッファ室に対する複数のガス供給口の取付角度を変えることにより、ガス供給口を上下移動させた場合と実質的に等価な効果を得ることができる。

【0022】第10の発明は、第5～第9の発明において、前記環状のバッファ室の内周面にオリフィスを設けて前記ガス供給口とした基板処理装置である。オリフィスは環状のバッファ室の内周面側に設けるとよい。バッファ室にオリフィスを設けてガス供給口になると、ガス供給口を突設する必要がなくなる。

【0023】第11の発明は、第5～第10の発明において、前記複数のガス供給口を設けた前記バッファ室を前記反応室を構成する反応容器と電気的に絶縁し、前記

バッファ室に高周波電源を接続し、プラズマを利用した反応室のクリーニング時において前記バッファ室に高周波電力を印加するように構成した基板処理装置である。反応室をプラズマクリーニングする際、プラズマに晒されるバッファ室及びバッファ室に取り付けられたガス供給口に高周波電力を印加すると、反応室のクリーニング効率を高めることができる。

【0024】第12の発明は、第3～第11の発明において、前記駆動機構を前記反応室外に設け、前記反応室内に進退自在に挿入した支持棒を介して前記ガス供給口を上下方向に移動するようにした基板処理装置である。支持棒の先端にガス供給口を設けた環状連結体を取り付け、支持棒の基端に駆動機構を取り付けるとよい。支持棒は環状連結体に一体的に取り付ける。反応室内に支持棒を進退自在に挿入して、この支持棒を介して外部からガス供給口を上下移動することができる。

【0025】第13の発明は、第12の発明において、前記支持棒を中空にして、前記ガス供給口に反応性ガスを供給するためのガス配管と兼用させた基板処理装置である。中空な支持棒はパイプで構成するとよい。支持棒を中空にしてガス配管と兼用すると、専用のガス配管を設けることなく、支持棒の中空部から反応性ガスを導入してガス供給口から反応室内部に供給できる。

【0026】第14の発明は、第3～第13の発明において、前記被処理基板の被処理面の上方から前記被処理基板の被処理面に向けて反応性ガスを供給する上部ガス供給口を前記反応室に設けた基板処理装置である。上部ガス供給口は1個または複数個設ける。1個の場合は被処理基板の中心線上に設け、複数個の場合には前記中心線上及び同心円状に設けるとよい。

【0027】被処理基板の周辺方向に設けたガス供給口から反応性ガスを供給し、被処理基板の処理を行うと処理速度の面内均一性は同心円状に分布し、被処理基板面内で所要の基板処理状態の均一性が得られないことがある。その場合は、基板周辺に設けたガス供給口の位置を敢えて下方に移動することにより基板処理速度分布を下に凸とする一方、基板処理速度分布を上に出すために反応性ガスを反応室上部に設けた上部ガス供給口からも供給するようにすると、ガス供給口の下方移動による下に凸の分布と、上部ガス供給口からのガス供給による上に凸の分布とが相殺されて、被処理基板面内の基板処理速度分布が均一化する。

【0028】第15の発明は、第14の発明において、前記上部ガス供給口を多数設けてシャワー状に反応性ガスが供給できるように構成した基板処理装置である。上部ガス供給口を多数設けて反応性ガスをシャワー状に供給すると、被処理基板面内の基板処理速度分布が一層均一化する。

【0029】第16の発明は、第12～第15の発明において、前記支持棒を1本または複数本とした基板処理

装置である。支持棒が1つだと駆動機構が1個で済み、また支持棒が複数本だと支持強度が向上する。

【0030】第17の発明によれば、第4～第16の発明において、前記ガス供給口を取り付けるための前記環状の連結体が四角形である基板処理装置である。連結体の四角形は矩形をした被処理基板の形状に合わせる。被処理基板が液晶用ガラス基板のように四角形の場合に、環状の連結体を四角形にして複数のガス供給口を四角形に配列すると、液晶用ガラス基板上に流れるガス量が均一になる。

【0031】第18の発明は、第2～第17の発明において、前記被処理基板の処理がプラズマ処理である基板処理装置である。ここでプラズマ処理には、反応室を減圧状態としプラズマを生成して基板上に薄膜を形成するプラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) や、基板上の薄膜をエッチングしたり、アッシングしたりする処理が含まれる。さらにプラズマ源としてはECR (Electron Cyclotron Resonance) 型、ICP (Inductively Coupled Plasma) 型、ヘリコン型、マグネトロン型などが含まれる。

【0032】第19の発明は、第2～18の発明において、前記ガス供給口を上下移動可能に駆動する駆動機構が、反応室の下部または上部に設けられた基板処理装置である。駆動機構は反応室の下部に設けても上部に設けてもよい。特に駆動機構が反応室の上部に設けてあると、反応室下部の構造が単純になる。

【0033】

【発明の実施の形態】次に本発明の基本構成を図を用いて説明する。

【0034】図1は本発明の基板処理装置の基本構成を示したものである。反応室2は反応容器1で気密に構成されている。反応室2の底部には試料台12が設けられ、被処理基板10が水平に載置可能となっている。試料台12の周辺には、径方向内方を向いたガス供給口としての複数のノズル70が設けられ、各ノズル70には反応室2の外部からガス導入管69が連結されて、ノズル70より反応性ガスを被処理基板10とほぼ平行に噴出するようになっている。被処理基板10を均一に処理するためには複数のノズル70の機械的位置を被処理基板10を中心にして点対称にすることが必要である。

【0035】複数のノズル70は上下移動自在に設けられる。そのために複数のノズル70は各ノズル台71の上に個別に設置され、さらに各ノズル台71は、反応容器1の底部から反応室2内に上下移動可能に挿入された各支持棒80によって支持される。支持棒80の外部に出ている部分はベローズ81に覆われて、反応室2内の気密が確保されている。支持棒80によって支持されたノズル70は反応容器1の外に駆動源を設けた支持棒80を含むノズル駆動機構(図示省略)によって上下移動

10

20

30

40

50

するようになっている。

【0036】反応室2内部を排気ポンプ(図示省略)で排気した後、試料台12に被処理基板10を搬送し、反応性ガスをノズル70から供給し、被処理基板10の表面に薄膜を形成したり、既に形成されている薄膜をエッチングしたりする。このとき、薄膜の形成速度である成膜速度あるいはエッチング速度を均一にするために、複数のノズル70の高さを反応室2外部に設けた駆動機構(図示省略)によって調整する。被処理基板10上での薄膜形成速度は、概ね同心円状に分布するが、前述した

図18に示す薄膜形成のデータプロファイルからわかるように、薄膜形成速度はノズル位置が低いときは下に凸になり、ノズル位置が高いときは上に凸になる。この中間では成膜速度の分布はM形(二こぶ形)になる。すなわちノズル位置が成膜速度の均一性を制御するパラメータとなる。なお、エッチングやアッシングに適用する場合には、前記薄膜形成速度は、エッチング速度、アッシング速度になる。

【0037】したがって、圧力、ガス量、高周波印加電力などの基板処理条件を変更したために、成膜速度が不均一になっても、ノズル70の高さを被処理基板10の処理条件に合せて最適な位置に移動することにより、基板面内の処理速度の均一性を一定の範囲に保つことが容易になる。このようにノズル位置を上下方向に移動させるだけの簡単な方法で、基板面内の処理速度の均一性を大きく変化させることができるため、薄膜形成やエッチング等の基板処理状態の均一性の制御が反応室圧力などの基板処理条件の変更により困難になっても、処理状態の均一性を元に戻せるようになり、基板処理状態が均一化された品質の良い処理基板を収率良く得ることができる。

【0038】図2は図1に示した基板処理装置の基本構成において、前記ノズル台71を一体化して環状にしたノズル連結体72に複数のノズル70を等間隔に設置したものである。ノズル70はノズル連結体72の上面に取り付ける。このような構成にすることによって、複数のノズル70の上下移動を一括して行うことが可能となる。

【0039】図3は図2に示した基板処理装置において、前記環状のノズル連結体72を中空にして環状のバッファ室74を形成し、バッファ室74内に反応性ガスを充填できるようにし、このバッファ室74の内周面に直接ノズル70を設置したものである。このように環状のバッファ室74を設けることにより、各ノズル70から供給する反応性ガスの供給量を均一にすることができる。環状バッファ室74の垂直断面は図では矩形としたが円形、楕円、その他の形状でもよい。

【0040】図4は図3で示した基板処理装置において、同一形状の環状バッファ室74を二段上下方向に重ねて設けたものである。本構成では、反応室2に反応性

ガスを供給する前に、混合できない2種類以上のガス、例えばモノシランと酸素を混合しないで、上下のバッファ室74から別々に供給し、これらからノズル70を通して反応室2に同時に供給して、この供給段階ではじめて混合することができる。

【0041】図4に示すのと同様の機能は、図5のように断面矩形の環状バッファ室74を同心円状に2個横並びに配置しても実現可能である。この場合、内外の環状バッファ室74を密接して配置した場合、外側に配置したバッファ室74のノズル70は上述した実施形態のように内周面に設置することができなくなる。そこで、図示例のように、各ノズル70はバッファ室74の上面に設置し、途中で折り曲げて、ノズル口が試料台12と平行または試料台12の中央に向くように取り付ける。また、内外のバッファ室74に取り付けるノズル70は、周方向に沿って千鳥状に並ぶように交互に取り付けるとよい。

【0042】なお、図4及び図5において、環状のバッファ室が2個の場合について説明したが、3個以上の場合にも適用できる。

【0043】ところで、プラズマを利用した基板処理装置におけるノズル70は、プラズマに晒されてダメージを受けて消耗したり、あるいは成膜時の膜が付着してパーティクル発生の原因となるので、ノズルは図6に示すように二重構造とし、内側ノズル70に対して外側ノズル76を着脱可能とすることが好ましい。この場合、ノズル76はバッファ室74から突設した内側ノズル70の外側に装着するが、そのとき内側ノズル70の先端部も外側ノズル76に覆われるように、外側ノズル76の先端部内径を絞るようにする。着脱可能なノズル76の材質は、 $\text{NF}_3$ などのクリーニングガスで腐食しないセラミックス、石英、アルミ等が好適である。なおノズルは3重以上の構造としてもよい。

【0044】またノズル70の上下移動は、反応室2内の構造物、例えば試料台12などにより制約を受けて、大きなストロークを取れない場合がある。そのような場合には、水平方向に対してノズル70を傾けることで、小さなストロークでも上記制約をカバーできるようにするとよい。バッファ室74に対するノズル70の取り付け方向は、被処理基板10の処理の均一性、例えば薄膜形成速度の均一性の状態により、図7に示す水平、図8に示す上向き、図9に示す下向きの中から好適なものを選択して用いることができる。同一バッファ室に取り付けられたノズル同士は同じ傾きとすることが好ましいが、傾きを変えてもよい。

【0045】なお、上記実施の形態では、バッファ室74にノズル70を突設するようにしたが、図10に示すように、環状バッファ室74の内周面に設けたオリフィス75をノズルの代りに用いても良い。このようにすると構造の簡素化が図れる。

【0046】また、バッファ室74及びノズル70は反応性ガスのプラズマに晒されるため、その表面に反応生成物が堆積する。この堆積物は、被処理基板10の処理中や被処理基板10の搬送中にバッファ室74あるいはノズル70の表面からはがれて被処理基板10の表面に付着し、歩留まり悪化の原因となる。そこでクリーニングの際、図11に示すように、バッファ室74およびノズル70に高周波を印加する。反応室2から外部に出た支持棒80を覆っているベローズ81の始端を絶縁物89を介して反応容器1の底部に固着し、その終端を絶縁物89を介して昇降板82に固定することによって、導電体からなる反応容器1と支持棒80とを電気的に絶縁し、支持棒80、バッファ室74、ノズル70に整合器90を介して高周波電源91の出力を供給可能にする。この機構により反応室2をプラズマクリーニングする際、プラズマに晒されるバッファ室74及びノズル70に高周波電力を印加することができるので、クリーニング効率を高めることができる。

【0047】図12はバッファ室74への反応性ガス供給を、ノズル支持棒80を利用して行うようにした構造を示したものである。すなわち、支持棒80を中空にしてバッファ室74と連通させ、反応性ガスを中空部83を通してバッファ室74に導入する。この支持棒とガス配管を兼用した構造によれば、反応室2内部にガス供給管を導入する必要がなくなるため、構造を簡素化できる。

【0048】前述したように実施形態では、ノズル70の高さを被処理基板の処理条件に合わせて最適な位置に移動する。しかし最適な位置にノズル70を移動した場合でも、そのノズル70から反応性ガスを供給して成膜を行うと、成膜速度の均一性が同心円状に分布してしまい、所要の成膜速度の均一性が得られないことがある。これは反応性ガスを基板10と平行に流すだけのワンフローに原因がある。

【0049】この場合は図13に示すように、周辺部に設けたノズル70の他に反応室2の上部中央にも上部ガス供給口としての上部ノズル77を設けて、上部からもガスを流すツーフロー方式を採用する。そして周辺部に設けたノズル70の位置を下方に移動して薄膜形成速度を強制的に下に凸にしたうえで、さらに反応性ガスを反応室2上部からも被処理基板10を押し付けるように流す。反応性ガスを反応室2の上部からも流すと、成膜速度分布は上に凸になるため、前記した下に凸と相殺されて、成膜速度の均一性を向上することができる。上部ノズル77からは基板周辺に設けたノズル70から供給されるガスとは異なるガスを供給しても、あるいは同一のガスを供給してもよい。

【0050】図14は反応室2の上部から供給する反応性ガスをシャワー状に供給可能としたものである。すなわちノズル77と連通するチャンバ73を反応室2の上

部に設け、そのチャンバ73に多数の開口78を形成して、チャンバ73に導入した反応性ガスを多数の開口78から被処理基板10の被処理面にシャワー状に噴出させる。多数の開口78からガスをシャワー状に噴出させるので、膜の均一性が一層確保できる。

【0051】図13または図14は、被処理基板10の処理条件に合わせて適宜選択して使用する。

【0052】一方、ノズル支持棒80は、図15のようにバッファ室74の下部に2本以上で取り付けられるようにしても、あるいは図16に示すようにバッファ室74の下部に1本だけで取り付けられるようにしても良く、その取り付け精度、駆動機構周辺の構造を考慮して適宜選択する。また、区画形成されたバッファ室74を複数個設ける場合には、互いに反応しやすい反応性ガスを各々独立に反応室内まで供給する必要があることから、ノズル支持棒80は2本以上取り付けるとよい。

【0053】前記バッファ室74は被処理基板10がシリコンウェーハのように円形の場合は円環状とするのがよいが、液晶用ガラス基板のように四角形の場合は、図17に示すように矩形状とすることが好ましい。

【0054】さて、上述したノズル70を上下に移動させるために支持棒80を昇降させるノズル駆動機構の構成は種々考えられる。たとえば図19に示すものは、ノズル駆動源にエアシリンダ85を用いている。反応室2の下部に収納室20を連設し、その収納室20内にエアシリンダ85により昇降する共通の昇降台84を設け、その昇降台84に複数の支持棒80を取り付ける。支持棒80の反応室2から出ている部分はベローズ81で覆って反応室2の気密を確保する。昇降台84をエアシリンダ85で昇降させることにより支持棒80を上下に駆動可能としたものである。なお、エアシリンダの代りに油圧シリンダを用いてもよい。

【0055】前記のようにノズル上下移動の駆動源にエアシリンダ85を用いると、エアシリンダ85で設定されるノズル70の位置は1箇所ないし2箇所が限度であり、また位置の設定精度、再現性に難がある。これ以上の位置設定が必要な場合、あるいは位置の設定精度、再現性が求められる場合は、ノズル70の駆動源としてパルスモータやサーボモータを使用する。その例を図20に示す。これは前記昇降台84をボールネジ87で昇降するように構成し、ボールネジ87を上下させるギアボックス86にサーボモータ88を接続して、ノズル70の位置決めを精度良く、また再現性良く行えるようにしたものである。

【0056】図19、図20に示すようにノズル駆動機構は反応室2の下部に設けるのが一般的であるが、図21に示すように反応室2の上部に設けることもできる。反応室2の上部に収納室20を連設し、この収納室20にノズル駆動機構を収納する。支持棒80は反応室2の天井から垂設され、天井から突き出た部分はベローズ8

10

20

30

40

50



1で覆われて昇降台84に取り付けられる。昇降台84はサーボモータ88により回転するギアボックス86によってボールネジ87を昇降させ、支持棒80を上下移動させる。

【0057】なお、ノズル位置をパラメータとする場合、制御性をより有効なものとするためには、ノズル位置は上下方向の移動のみならず、反応容器の径方向にも、さらには上下に揺動できることが好ましい。この点で実施の形態では、機構上ガス供給口は上下方向にのみ移動可能としている。これはガス供給口を容器の径方向に進退させたり、上下方向に揺動させて傾きを変えることが機構上難しいからである。径方向の進退については、取付け時にノズル取付け位置を変えたり、長さの異なるノズルを用いることで対応できる。ノズルの揺動角度については取付け時の傾きを変えることにより対応できる。また、実施の形態では被処理基板を水平横置きする反応容器について説明したが、本発明は前記反応容器を90°傾けて被処理基板を垂直縦置きする応容器にも適用できる。

【0058】

【実施例】上述した実施の形態では、基板処理装置として、薄膜を形成したり、薄膜をエッチングしたり、あるいはアッシングしたりする一般的な装置を想定して説明してきた。これをたとえばプラズマ装置について具体的に説明しよう。

【0059】図22はノズル70を上下移動可能としたプラズマCVD装置を示したものである。図20で説明した基板処理装置の反応室2内上部にプラズマ源24を設け、反応室2内部を図示しないポンプで排気した後、反応性ガスをノズル70から供給し、プラズマ源24の作用で生成したプラズマを利用して試料台12上の被処理基板10を処理する。反応室2下部の試料台12は絶縁ブロック13で反応容器1と絶縁され、プラズマ中の荷電粒子を被処理基板10側に引き込むために整合器14を介して高周波電源15の出力を供給できるようになっている。絶縁ブロック13の材質は、耐熱性や誘電率などを考慮して適切なものを選択して用いる。例えばテフロン、セラミックス、石英などである。

【0060】前記プラズマ源24は、前述したように誘導型アンテナに高周波電力を印加して用いるICP(Inductively Coupled plasma)型、マイクロ波を利用するECR(Electron Cyclotron Resonance)型、ヘリコン波を利用するヘリコン型、磁界を利用するマグネトロン型など、基板処理中の反応室2の圧力が低い状態で、高密度のプラズマが生成可能な高密度型と呼ばれるプラズマ源である。

【0061】次にICP型プラズマ源を備えた高密度型プラズマCVD装置について図23を用いて説明する。

【0062】高密度型プラズマCVD装置は、上から順

に放電室5、反応室2、収納室20を備える。反応室2は導電体材料からなる反応容器1で構成され、かつ気密構造となっている。反応容器1の天井には、反応室2と同心に石英、あるいはセラミックスなどの透明な絶縁物を材料とした放電室5を構成する円筒窓8が接続され、円筒窓8の上端は導電体の蓋9により閉塞される。前記円筒窓8の周囲にはプラズマ発生用の誘導コイル4が巻回され、この誘導コイル4は整合器7を介して13.56MHzの高周波電源6に接続されている。

【0063】前記反応室2の底部中央は、ウェーハなどの被処理基板10を静電吸着する試料台12で構成される。試料台12は絶縁ブロック13により導電体材料である反応容器1と絶縁された状態で反応室底部に設置され、反応室2の外部から整合器14を介して13.56MHzの高周波電源15が接続されている。このように被処理基板10に高周波バイアスを印加して、基板10に照射するイオンのエネルギーを放電と独立して制御し、成膜速度や、エッチング速度や形状の制御を行う。

【0064】前記反応室2内には反応性ガスを供給するガス供給ノズル70が設けられ、ガス供給ノズル70より反応性ガスを噴出して被処理基板10上に薄膜を形成するようになっている。ガス供給ノズル70は基板周辺に円周状に複数個等間隔に配置される。複数のガス供給ノズル70は環状のバッファ室74に一体的に、かつ各々が反応室2の中心に向くように設けられる。環状バッファ室74を構成する環状ノズル連結体72は、反応室底部から反応室内に上下方向に挿入された複数本の支持棒80に支持され、ガス供給ノズル70と一体となって上下方向に移動できるようになっている。

【0065】前記収納室20内には、前記複数本の支持棒80を上下方向に移動させるための駆動機構が収納されている。複数本の支持棒80は、反応室2に対して気密かつ上下移動可能に設ける。気密と上下移動はベローズ81とオリング(図示せず)とにより確保する。ベローズ81は、収納室20の上部に突き出している支持棒80の外周に被せて、その上端をオリングを介して反応室2の底部に取り付け、その下端を図示しないオリングを介して昇降台84に絶縁物89を介して取り付ける。

【0066】収納室20には支持棒80と連結される駆動機構92が設けられ、昇降台84を昇降して支持棒80を上下移動するようになっている。駆動機構92は、サーボモータ88と、サーボモータ88の回転を伝達するギアボックス86と、ギアボックス86内のナット

(図示せず)に螺合されてナットの回転により軸心方向に移動するボールネジ87とから構成されており、ボールネジ87に前記昇降台84が連結されている。前記試料台12に接続される前記整合器14および高周波電源15も収納室20内に収納される。また、環状バッファ室74にガス導入管69が連通される一方、前記反応室2の底部には排気管(図示せず)を介して排気ポンプ



(図示せず)が連通されている。なお、アルミで構成される部材は、反応容器 1、収納室 20、バッファ室 74、支持棒 80 などである。

【0067】次に図 23 で説明した基板処理装置の動作を説明する。反応室 2 内を排気ポンプ (図示せず) で排気した後、試料台 12 に被処理基板 10 を搬送し保持する。図示しない圧力制御装置で圧力を 1 mTorr ~ 10 mTorr の間のある設定値に維持しつつ、ガス導入管 69 より反応性ガス (モノシラン  $\text{SiH}_4$ 、酸素  $\text{O}_2$ 、アルゴン  $\text{Ar}$ ) を導入し、誘導コイル 4 に高周波電源 6 による高周波電力を整合器 7 を介して印加すると、誘導コイル 4 が形成する電界、磁界の作用により反応性ガスが解離して放電室 5 にプラズマが発生する。このとき静電チャックで構成された試料台 12 にも高周波電源 15 により整合器 14 を経て高周波電力を印加する。試料台 12 に印加された高周波電力により、試料台 12 に直流バイアス電圧を生じさせたり、あるいはプラズマ内のイオンを振動させたりなどして被処理基板 10 側にプラズマを引き込む。このときの電子密度は  $10^{11} / \text{cm}^3$  台、プラズマによるウェーハ表面の加熱温度は  $300 \sim 400^\circ\text{C}$  となる。

【0068】このような制御下で被処理基板 10 の表面に薄膜が形成される。このとき薄膜の形成速度である成膜速度 (あるいはエッチング速度) を均一にするために、ノズル 70 の高さを反応室 2 の外部の駆動機構 92 によって所定の位置に移動する。あらかじめパイロット基板に成膜した基板面内の膜厚分布を測定し、この膜厚分布が均一になるようにノズル高さを調整してから、実際の成膜を行う。なお、前記高密度型プラズマ CVD 装置をクリーニングするときは、クリーニングガスとして  $\text{C}_2\text{F}_6$ 、または  $\text{CF}_4$ 、または  $\text{NF}_3$ 、あるいはそれらのガスと  $\text{O}_2$  との混合ガスを用いる。

#### 【0069】

【発明の効果】請求項 1 に記載の発明によれば、ガス供給口の高さを調整して被処理基板の処理速度分布を制御するという簡単な方法で、圧力などの被処理基板の処理条件を変更したために被処理基板面内の処理状態の均一性が崩れても、被処理基板面内の処理速度を容易に均一化できるため、処理状態が均一化された品質の良い被処理基板を収率良く得ることができる。

【0070】請求項 2 に記載の発明によれば、基板処理速度の均一性を大きく変化させることが可能なパラメータであるガス供給口の位置を可変としたので、基板処理状態の面内均一性を容易に得ることができる。

【0071】請求項 3 に記載の発明によれば、ガス供給口を上下移動する駆動機構を設けるだけで、薄膜形成やエッチング等の処理状態の均一性を制御することができ、プロセスのマージンを広げることが可能となる。

【0072】請求項 4 に記載の発明によれば、複数のガス供給口が同一円周上に配置されているので、特に被処

理基板が円形のときに各ガス供給口から被処理基板中央までのガス供給距離が等しくなるので、基板面内の処理速度をより均一にすることができる。また複数のガス供給口が一体的に取付けられて複数のガス供給口を駆動機構により一括して上下移動できるようにしたので、複数のガス供給口の位置調整を簡易かつ迅速に行うことができる。

【0073】請求項 5 に記載の発明によれば、バッファ室を設けることにより、各ガス供給口から反応室内に供給する反応性ガスの供給量を均一化できるので、被処理基板面内の処理速度を一層均一化することができる。

【0074】請求項 6 に記載の発明によれば、区画形成されたバッファ室を複数個設けたので、反応室に反応性ガスを供給する前に混合できない 2 種類以上のガスを、各バッファ室からガス供給口を通して反応室に独立して供給することができる。このため各バッファ室を経てガス供給口から供給された後に始めて反応しやすい反応性ガスが混合されるので、被処理基板の処理を円滑に行うことができる。

【0075】請求項 7 に記載の発明によれば、複数のバッファ室を上下に重ねるようにしたので、反応室の径方向の大きさを小さくできる。

【0076】請求項 8 に記載の発明によれば、バッファ室を同心円状に複数配置したので、反応室の高さを低くできる。

【0077】請求項 9 に記載の発明によれば、バッファ室に対する複数のガス供給口の取付角度を変えることにより、ガス供給口を上下移動させた場合と実質的に等価な効果を得ることができるので、反応室の構造上、ガス供給口の上下移動が制約されても、この制約を緩和させることができる。

【0078】請求項 10 に記載の発明によれば、バッファ室にオリフィスを設けてガス供給口としたので、ガス供給口を突設する必要がなくなり、構成が簡単になる。

【0079】請求項 11 に記載の発明によれば、反応室をプラズマクリーニングする際、プラズマに晒されるバッファ室及びバッファ室に取り付けられたガス供給口に高周波電力を印加するので、反応室のクリーニング効率を高めることができる。

【0080】請求項 12 に記載の発明によれば、駆動機構を反応室の外部に設けたので、反応室内を駆動機構の可動部に起因する汚染を有効に防止できる。

【0081】請求項 13 に記載の発明によれば、支持棒を中空にしてガス配管と兼用させるようにしたので、専用の配管が不要となり、構造の簡素化が図れる。

【0082】請求項 14 に記載の発明によれば、反応室の上部にも上部ガス供給口を追設するだけの簡単な構造で、ガス供給口の上下移動だけでは基板処理速度を被処理基板面内で均一化できない場合であっても、基板処理速度を被処理基板面内で均一化できる。

10

20

30

40

50

【0083】請求項15に記載の発明のように、ガスをシャワー状に供給するとガスの均一な分散が可能となる。

【0084】請求項16に記載の発明によれば、支持棒が1つだと駆動機構が1個で済み構造の簡素化が図れ、安価に作製することができる。また支持棒が複数本だと支持強度が向上し複数のガス供給口の支持が安定する。

【0085】請求項17に記載の発明によれば、被処理基板が液晶用ガラス基板のように四角形の場合に特に有用である。

【0086】請求項18に記載の発明によれば、基板処理がプラズマ処理であると、熱分解反応を用いる熱CVDなどの熱処理技術と比べ、低温で緻密な薄膜の形成、熱的過程では不可能な薄膜形成ができる等のプラズマ処理技術の特徴を活かせる。とくに、ECR、ICP、ヘリコン波などのプラズマ源を用いたCVDでは、イオン密度を極めて高くできるため、反応性に富んだ活性種の生成と利用が可能である。

【0087】請求項19に記載の発明のように、駆動機構が反応室の下部に設けてあると比較的に簡単に駆動機構を構築できる。特に、駆動機構が反応室の上部に設けてあると反応室下部の構造が単純になり、上部からの保守作業で済むので保守性の面で有利になることがある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ノズルを上下移動可能とした実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図2】複数のノズルを一体として上下移動可能とした実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図3】ノズルをバッファ室に取り付けた実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図4】バッファ室を上下二段に取り付けた実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図5】バッファ室を同心円状に横並びに配置した実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図6】着脱可能にした実施形態によるノズルの断面図。

【図7】ノズルを水平に取り付けた実施形態によるバッファ室の断面図。

【図8】ノズルを上向きに取り付けた実施形態によるバッファ室の断面図。

【図9】ノズルを下向きに取り付けた実施形態によるバ

ッファ室の断面図。

【図10】ノズルをオリフィスで形成した実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図11】支持棒を介してバッファ室及びノズルに高周波電力を供給するようにした実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図12】支持棒をガス配管と兼用するようにした実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図13】ノズルを反応室上部にも設けた実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図14】シャワー状ノズルを反応室上部に設けた実施形態による基板処理装置の基本構成を説明する概略断面図。

【図15】1本のノズル支持棒でバッファ室を支えるようにした実施形態のノズル支持構造の斜視図。

【図16】複数本のノズル支持棒でバッファ室を支えるようにした実施形態のノズル支持構造の斜視図。

【図17】矩形をした実施形態による環状バッファ室の構成図。

【図18】ノズルの高さをパラメータとした基板位置に対する成膜速度の分布特性図。

【図19】ノズル駆動機構をシリンダ系で構成した実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図20】ノズル駆動機構をモータ系で構成した実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図21】ノズル駆動機構を反応室の上部に設けた実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図22】プラズマを利用した実施形態による基板処理装置の基本構成の概略断面図。

【図23】実施例によるICP型プラズマ源を備えた高密度型プラズマCVD装置の概略断面図。

【図24】従来例の高密度型プラズマCVD装置の概略断面図。

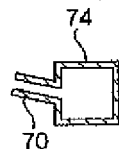
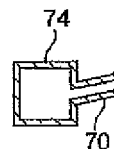
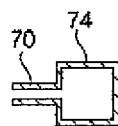
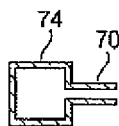
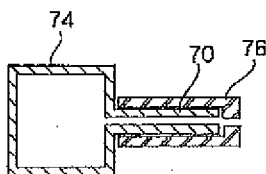
#### 【符号の説明】

- |    |       |
|----|-------|
| 1  | 反応容器  |
| 2  | 反応室   |
| 10 | 被処理基板 |
| 12 | 試料台   |
| 70 | ノズル   |
| 71 | ノズル台  |
| 80 | 支持棒   |

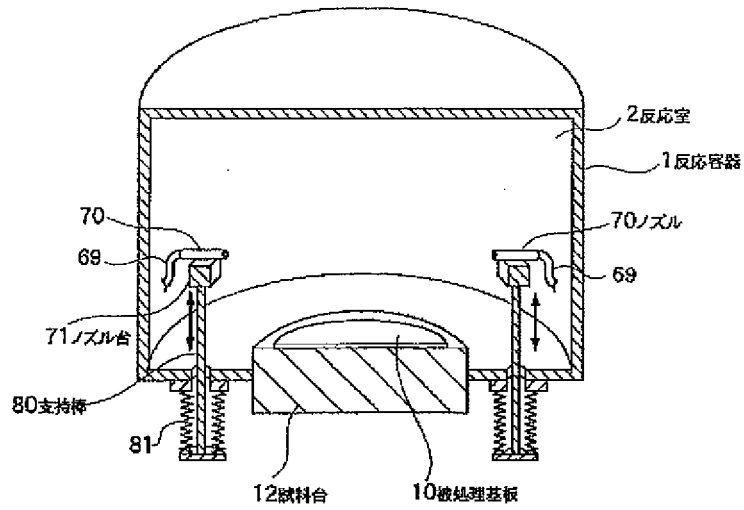
【図6】

【図7】

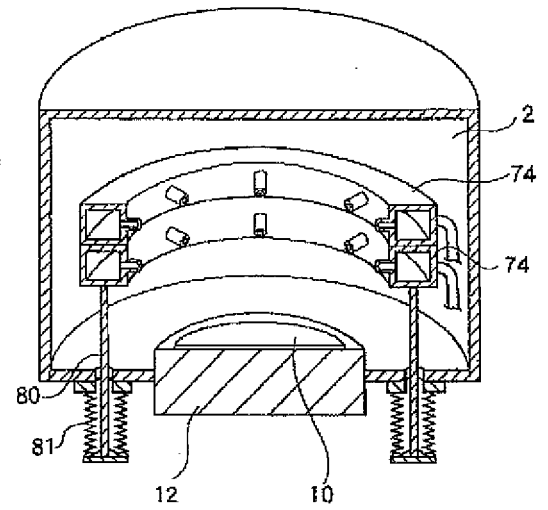
【図8】



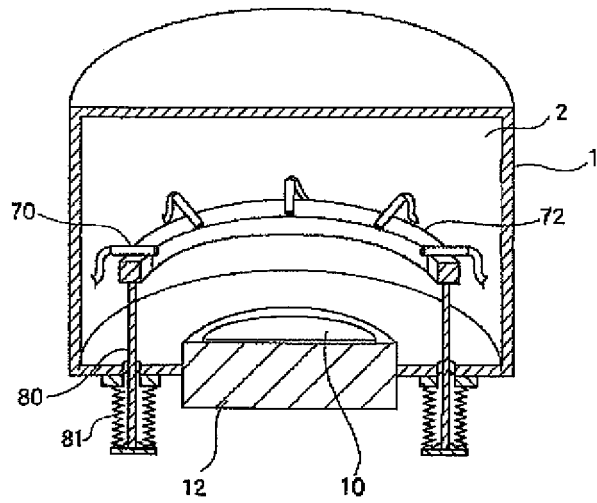
【図 1】



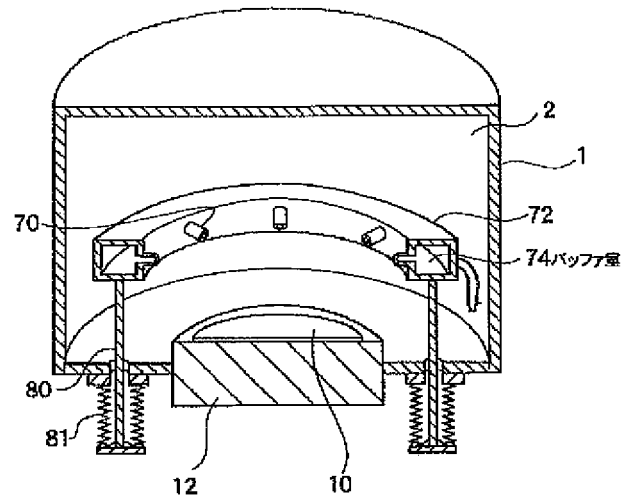
【図 4】



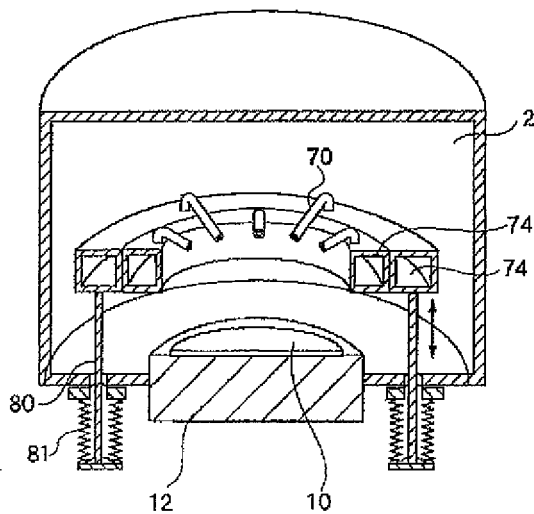
【図 2】



【図 3】



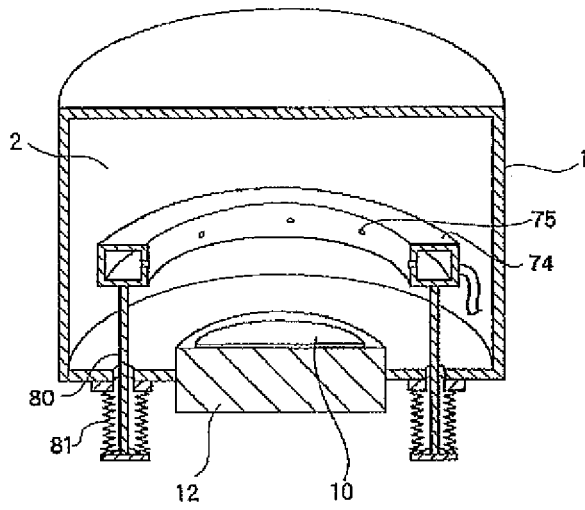
【図 5】



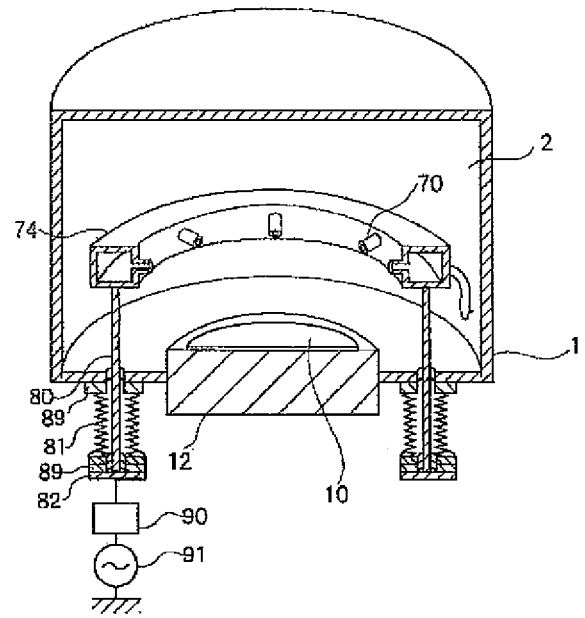
【図 9】



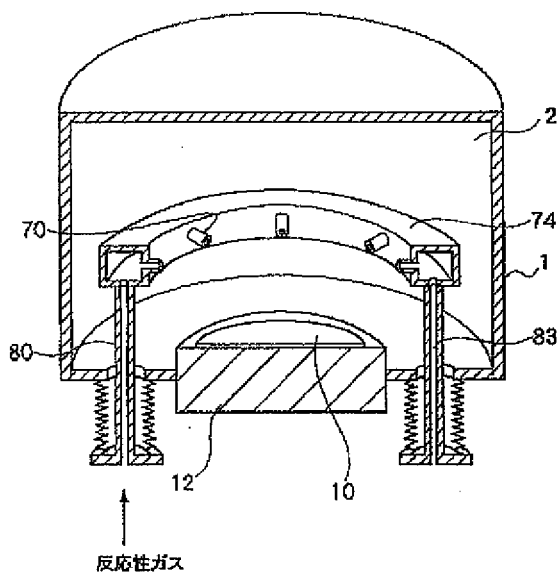
【図 10】



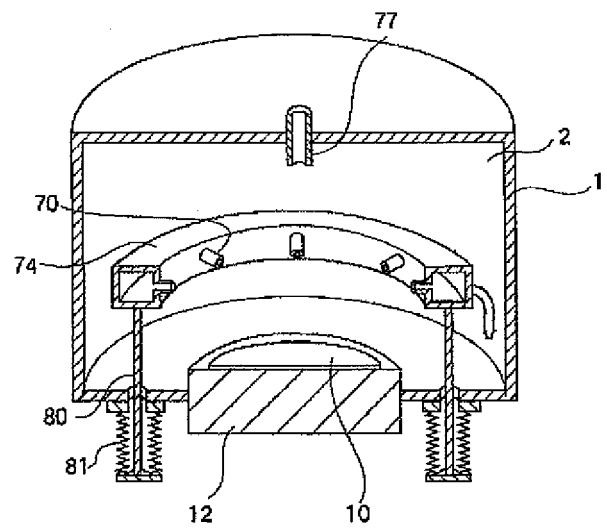
【図 11】



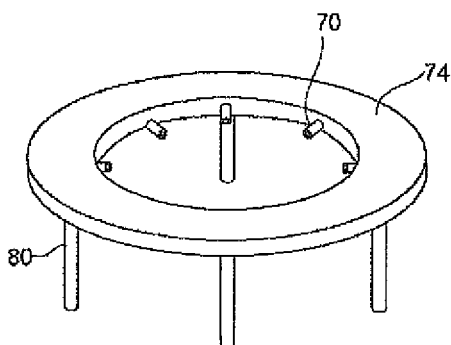
【図 12】



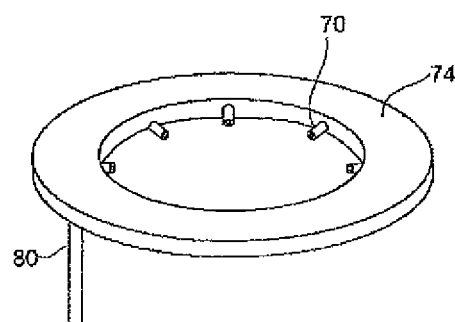
【図 13】



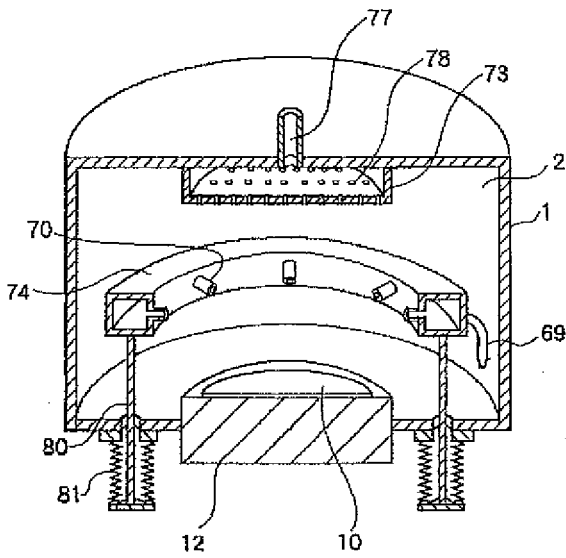
【図 15】



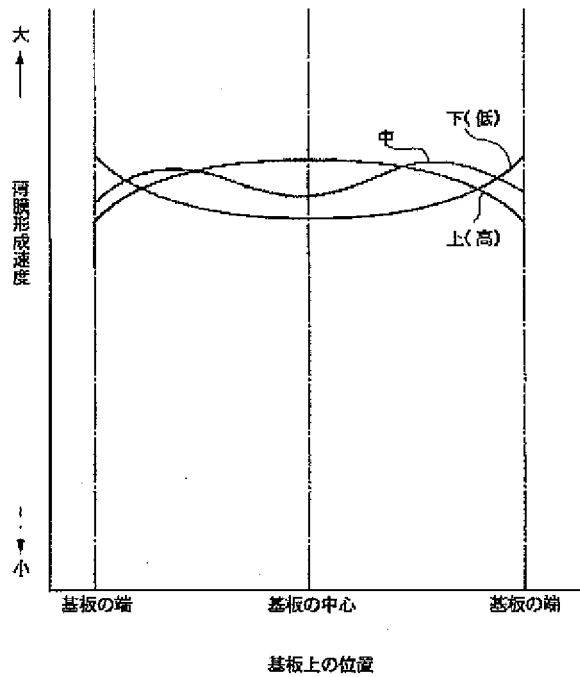
【図 16】



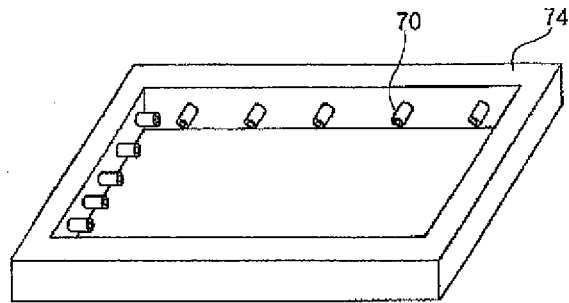
【図14】



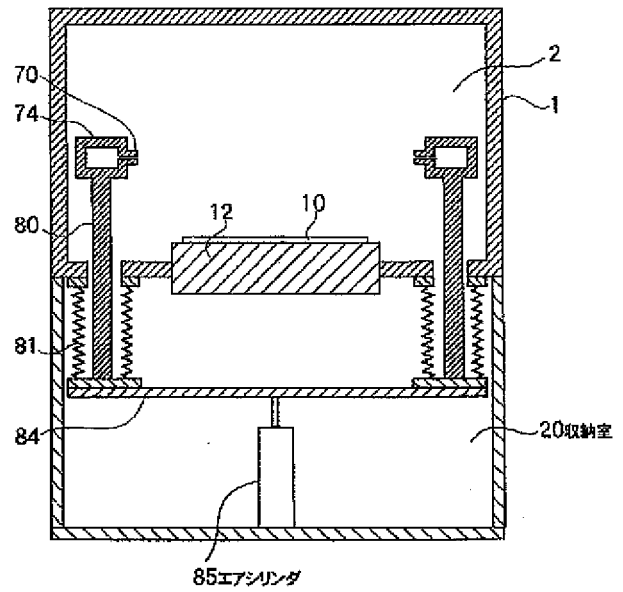
【図18】



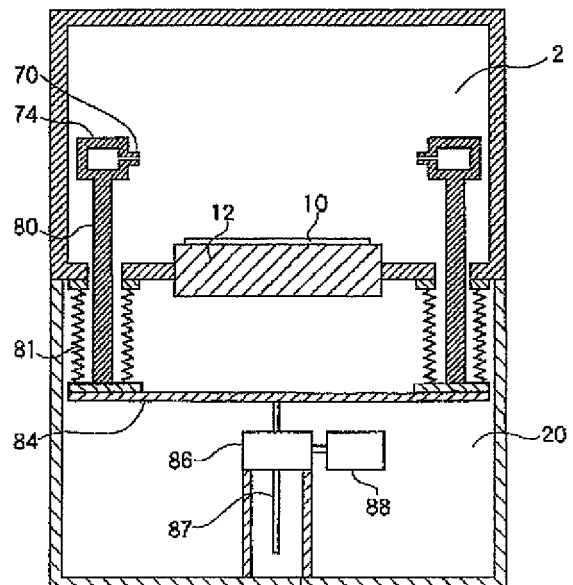
【図17】



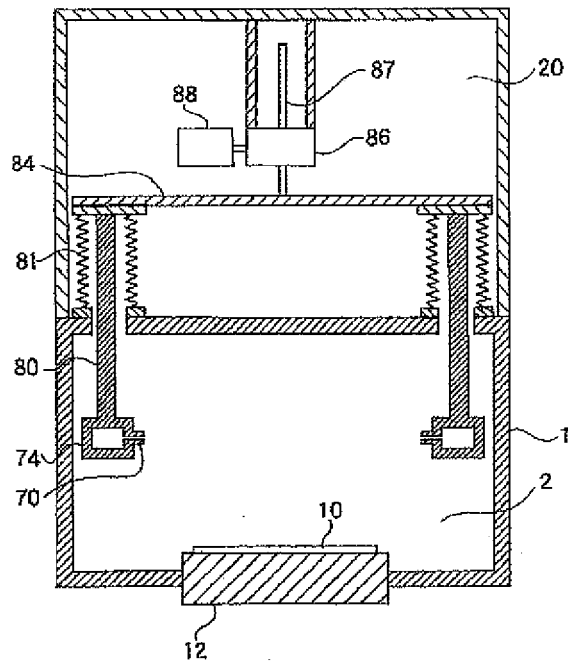
【図19】



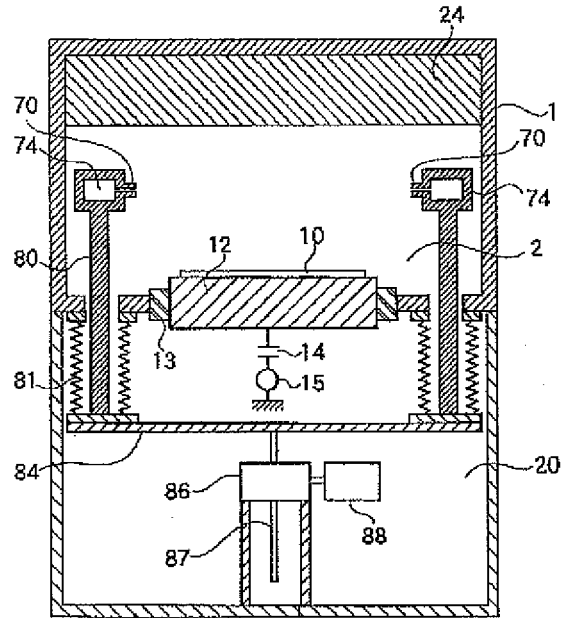
【図20】



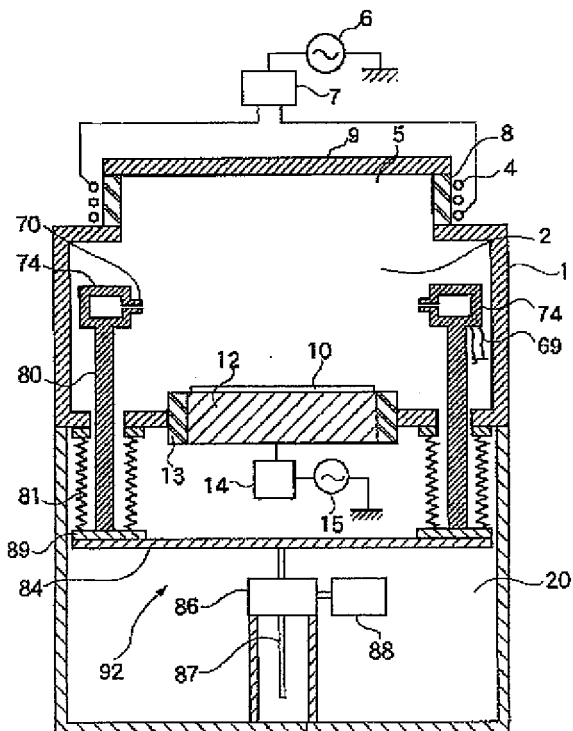
【図 2 1】



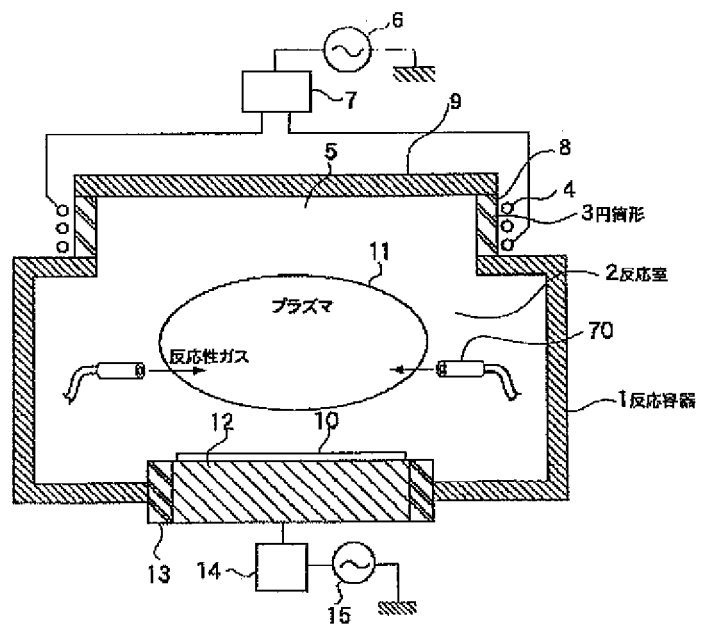
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

(72) 発明者 八島 伸二

東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際  
電気株式会社内

(72) 発明者 田中 勉

東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際  
電気株式会社内



